

Docket No.: P2001,0573

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nollf Date: March 9, 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/774,727
Applicant : Martin Behringer, et al.
Filed : February 9, 2004
Title : Multipartite Laser
Docket No. : P2001,0573
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 39 090.4, filed August 9, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nollf
Reg. No. 37,006

Markus Nollf
For Applicant

Date: March 9, 2004

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 39 090.4

Anmeldetag: 09. August 2001

Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE

Erstanmelder: Osram Opto Semiconductors
GmbH & Co OHG, 93049 Regensburg/DE

Bezeichnung: Mehrteiliger Laser

IPC: H 01 S 5/40

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Klostermeyer'.

Klostermeyer

Beschreibung

Mehrteiliger Laser

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Emission von Laserstrahlung mit einer oder mehreren innerhalb eines Resonators angeordneten gepumpten aktiven Zone eines Halbleiterlasers.

10 Derartige Laser sind allgemein bekannt. Halbleiterlaser werden dabei üblicherweise in zwei Ausführungsformen hergestellt. Bei kantenemittierenden Laserdioden erfolgt die Emission in Ausdehnungsrichtung der gepumpten aktiven Schicht und die Laserstrahlung tritt über die Ränder der aktiven Schicht
15 aus. Bei dieser Art von Laserdioden ist die Strahlqualität im allgemeinen schlecht, da der kantenemittierende Laser nicht in einer Mode und nicht ausschließlich in der Grundmode oszilliert, so daß die Laserstrahlung in einen weiten Winkelbereich emittiert wird. Dieses Problem ist insbesondere bei
20 kantenemittierenden Laserdioden ausgeprägt, deren aktive Zone quer zur optischen Achse des Resonators weit ausgedehnt ist.

Neben den kantenemittierenden Laserdioden sind auch oberflächenemittierende Dioden bekannt, bei denen die Laserstrahlung
25 im rechten Winkel zur gepumpten aktiven Schicht emittiert wird. Die oberflächenemittierenden Laserdioden sind zum einen mit hohen elektrischen Widerständen behaftet, die auf der begrenzten Dotierbarkeit zu beiden Seiten der aktiven Zonen ausgebildeten Spiegelschichten beruhen. Die Widerstände lassen zwar unter anderem auch dadurch verringern, daß der
30 Durchmesser der aktiven Zone vergrößert wird. Dies führt jedoch im allgemeinen dazu, daß beim Betrieb des Lasers höhere Moden anspringen, die die Strahlqualität verschlechtern.

35 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Emission von La-

serstrahlung hoher Leistung mit guter Strahlqualität anzugeben.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die aktive Zone durch Freistrahلبereiche ohne seitliche Wellenführung in wenigstens zwei räumlich getrennte aktive Zonen unterteilt ist.

10 Durch die räumliche Trennung der beiden Pumpzonen wird erreicht, daß nur jeweils die Grundmode in die jeweils andere Pumpzone einkoppelt und dadurch verstärkt wird oder die Grundmode wesentlich effektiver als alle anderen Moden einkoppelt. Denn die übrigen Moden strahlen in Raumwinkel ab, die wesentlich größer als der Raumwinkel sind, unter dem die
15 gegenüberliegende Pumpzone von der jeweiligen Pumpzone aus erscheint und somit werden diese höheren Moden nicht in der anderen Pumpzone verstärkt. Diese höheren Moden erfahren also eine geringere Verstärkung pro Resonatorumlauf als die Grundmode und kommen daher bei entsprechender elektrischer
20 Pumpleistung nicht über die Laserschwelle.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine Reihe von Breitstreifenlaser auf, deren Resonator von den außen liegenden Spiegelflächen der am Ende
25 angeordnete Breitstreifenlaser gebildet ist.

Bei den Breitstreifenlasern ist das Problem des Anschwingens Moden höherer Ordnung besonders ausgeprägt. Es ist daher von Vorteil, eine Reihe von Breitstreifenlaser im Abstand zueinander
30 anzuordnen, um zu gewährleisten, daß nur jeweils eine Grundmode anschwingt oder dadurch der Anteil der höheren Moden deutlich reduziert und so die Strahlqualität entsprechend verbessert wird.

35 Zweckmäßigerweise wird in den Freistrahلبereich zwischen die einzelnen Breitstreifendiödenlasern eine Zylinderlinse ange-

ordnet, deren Brennnlinie entlang der Austrittskante der Laserstrahlung aus dem Breitstreifenlaser liegt.

5 Durch diese Anordnung wird die Grundmode des austretenden Lichtstrahls optimal gebündelt und in die jeweils benachbarte aktive Zone gelenkt.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind die beiden Breitstreifenlaser in einem Substrat ausgebildet. Zwischen
10 den beiden Breitstreifenlasern liegt im Substrat ein ungepumpter Bereich vor, der so dimensioniert ist, daß höhere Mode aufgrund des dort fehlenden lateralen Wellenleiters die aktive Zone und damit den Verstärkungsbereich verlassen können. Allein die Grundmode ist in der Lage, den umgepumpten
15 Bereich zu durchqueren und auf der gegenüberliegenden Seite wieder in die aktive Zone des gegenüberliegenden Breitstreifenlasers einzutreten. Dadurch wird die Schwellenstrombedingung für höhere Moden sehr stark angehoben, so daß der Breitstreifenlaser überwiegend in der Grundmode oszilliert.

20

In einem weiteren Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung zwei oberflächenemittierende Laser auf, die jeweils mit einer entspiegelten Oberseite einander zugewandt im Abstand angeordnet sind.

25

Durch die Verwendung zweier oberflächenemittierender Laser mit nur jeweils einem Spiegel kann der elektrische Widerstand jedes oberflächenemittierenden Lasers auf etwa die Hälfte reduziert werden. Außerdem kann durch die Beabstandung zwischen
30 den oberflächenemittierenden Laser erreicht werden, daß höhere Moden, die in einen größeren Raumwinkel als die Grundmode emittiert werden, den Resonator verlassen und nicht mehr verstärkt werden, so daß die Vorrichtung im Wesentlichen nur im Grundmode oszilliert.

35

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- 5 Figur 1 einen Querschnitt durch einen Breitstreifenlaser;
- Figur 2 eine perspektivische Ansicht einer Laseranordnung
 mit zwei gegenüberliegenden Breitstreifenlaser, wo-
10 bei in den zwischen den Breitstreifenlaser liegen-
 den Freistrahlbereich Zylinderlinsen eingebracht
 sind;
- Figur 3 eine perspektivische Ansicht eines in einem Sub-
 strat ausgebildeten Paares von Breitstreifenlasern;
- 15 Figur 4 eine Laseranordnung mit zwei gegenüberliegenden
 oberflächenemittierenden Lasern;
- Figur 5 eine weitere abgewandelte Laseranordnung mit zwei
20 gegenüberliegenden oberflächenemittierenden Lasern;
- Figur 6 eine Darstellung einer weiteren abgewandelten Aus-
 führungsform der Laseranordnung aus Figur 5.

25 Gemäß dem in Figur 1 dargestellten Querschnitt durch einen
 Breitstreifenlaser 1 ist auf ein Substrat 2 eine untere Bar-
 riereschicht 3 aufgebracht. Die Barriereschicht 3 weist bei-
 spielsweise die Zusammensetzung $\text{Al}_{0,6}\text{Ga}_{0,4}\text{As}$ und eine Dicke von
 1 μm auf. An die untere Barrierenschicht 3 schließt sich eine
30 untere Wellenleiterschicht 4 an, die üblicherweise die Zusam-
 mensetzung $\text{Al}_{0,3}\text{Ga}_{0,7}\text{As}$ aufweist und etwa 0,5 μm dick ist. Das
 vom Breitstreifenlaser 1 emittierte Licht wird in einer akti-
 ven Schicht 5 erzeugt, die lediglich eine Dicke von etwa 10
 nm aufweist und einen Quantentrog bildet. Die Materialzusam-
35 mensetzung der aktiven Schicht hängt von der gewünschten Wel-
 lenlänge des emittierten Lichts ab. Üblicherweise setzt sich
 die aktive Schicht aus $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ zusammen wobei $0 \leq x \leq$

0,3 und $0,05 \leq y \leq 0,3$ gilt. Oberhalb der aktiven Schicht 5 befindet sich eine obere Wellenleiterschicht 6, die von einer oberen Barrierschicht 7 abgedeckt ist. Die Dicke und die Zusammensetzung der oberen Wellenleiterschicht 6 und der oberen Barrierschicht 7 entsprechen jeweils der Dicke und Zusammensetzung der unteren Barrierschicht 3 und unteren Wellenleiterschicht 4. Auf der oberen Barrierschicht 7 ist ein Breitstreifenkontakt 8 ausgebildet, der zusammen mit einem auf der Rückseite des Substrats 2 angeordneten rückseitigen Kontakt die aktive Schicht 5 mit Strom versorgt. Dabei bestimmt die räumliche Ausdehnung des Breitstreifenkontakts 8 die Ausdehnung einer lichtemittierenden aktiven Zone 9 in der aktiven Schicht 5.

Die in Figur 1 im Querschnitt dargestellten Breitstreifenlaser 1 zeichnen sich durch eine hohe Leistung und durch eine lange Lebensdauer aus. Allerdings ist die Strahlqualität einzelner Breitstreifenlaser meist schlecht, da der Breitstreifenlaser 1 nicht nur in einem Mode und nicht ausschließlich in der Grundmode oszilliert, so daß die Laserstrahlung in einem weiten Winkelbereich emittiert wird.

Es wird daher vorgeschlagen, wenigstens zwei Breitstreifenlaser 1 in Reihe hintereinander im Abstand so anzuordnen, daß lediglich die Grundmode jeweils eines Breitstreifenlasers 1 in die gepumpte aktive Zone 9 eines benachbarten Breitstreifenlasers 1 einkoppelt. Die Moden höherer Ordnung treten aufgrund ihrer größeren Divergenz lediglich teilweise in die aktive Zone 9 benachbarter Breitstreifenlaser ein und werden daher im Vergleich zur Grundmode lediglich geringfügig verstärkt. Dadurch wird die Schwellenstrombedingung für höhere Moden sehr stark angehoben, so daß die Laseranordnung überwiegend in der Grundmode oszilliert.

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel mit zwei Breitstreifenlasern dargestellt, die jeweils in einem Abstand L angeordnet sind. Die Länge der Strecke kann zwischen $1 \mu\text{m}$ und 10

m betragen. Um die Breitstreifenlaser 1 zu einer Laseranordnung zu koppeln, weisen die einander zugewandten Facetten 10 und 11 jeweils eine auf die Strahlungsenergie bezogene Reflektivität unterhalb von 1% auf. Von den außen liegenden Facetten 12 und 13 weist wenigstens eine eine Reflektivität oberhalb von 90% und die andere eine Reflektivität von beispielsweise 40% auf. Die außenliegenden Facetten bilden dadurch einen Resonator, wobei die Facetten 12 und 13 die Funktion der Spiegelflächen übernehmen.

Um auch die Divergenz der Grundmode in Richtung der Normalen der aktiven Zone 9, also im rechten Winkel zur aktiven Zone 9, zu verringern, sind Zylinderlinsen 14 vorgesehen, deren Brennpunkt vorzugsweise entlang der Austrittskante der aktiven Zone 9 an den innenliegenden Facetten 10 und 11 verläuft. Durch die Zylinderlinsen 14 wird die aufgrund der Beugung große Divergenz der Grundmode in Richtung der Normalen, der aktiven Schicht 5 verringert, oder das Licht in diese Richtung sogar kollimiert. Durch diese Maßnahme wird die Grundmode nahezu vollständig in den benachbarten Breitstreifenlaser 1 eingekoppelt und dadurch die Laserschwelle für die Grundmode abgesenkt.

Es ist auch denkbar, wie in Figur 3 dargestellt, die Breitstreifenlaser 1 auf einem gemeinsamen Substrat 2 mit einem gemeinsamen Schichtaufbau auszubilden. Dabei ist es nicht unbedingt notwendig, den Freistrahlsbereich 15 auszuätzen. Es genügt, wenn im Freistrahlsbereich die Absorption des Materials reduziert wird. Dies kann beispielsweise durch eine lokale Wärmebehandlung des Freistrahlsbereiches erreicht werden, durch die Aluminium aus den an die aktive Schicht 5 angrenzenden Wellenleiterschichten 4 und 6 in die aktive Schicht 5 eindiffundiert und/oder Indium aus der aktiven Schicht ausdiffundiert. Denn dadurch wird die Bandlücke der aktiven Schicht im Freistrahlsbereich 15 erhöht, so daß die von den aktiven Zonen 9 emittierten Photonen im Freistrahlsbereich nicht absorbiert werden.

Falls die Laseranordnung aus Figur 3 nur auf einer bestimmten Frequenz oszillieren soll, ist es von Vorteil, wenn im Freistrahlbereich ein frequenzselektives Element, beispielsweise ein Bragg-Gitter 16 eingebracht wird. Derartige Bragg-Gitter 16 sind dem Fachmann bekannt und nicht Gegenstand der Erfindung.

In den Figuren 4 bis 6 sind weitere Ausführungsbeispiele dargestellt, bei denen die Laseranordnung zwei gegenüberliegende oberflächenemittierende Laser 17 aufweist. Die oberflächenemittierenden Laser 17 werden auch als VCSEL oder VECSEL bezeichnet. Die oberflächenemittierenden Laser verfügen über rückseitige Bragg-Spiegel 18 und 19, von denen einer eine Reflektivität nahe 100% und der andere eine Reflektivität im Bereich von < 99% aufweist. Auf die Bragg-Spiegel 18 und 19 ist eine untere Zwischenschicht 20 aufgebracht, an die sich die aktive Schicht 5 anschließt. Die aktiven Schichten 5 sind wiederum von einer oberen Zwischenschicht 21 abgedeckt. Die Bragg-Spiegel 18 und 19 sind üblicherweise auf der Basis von AlGaAs-Schichten hergestellt. Die Zwischenschichten 20 und 21 sowie die aktiven Schichten 5 beruhen auf dem bereits erwähnten Materialsystem AlGaInAs.

Die oberflächenemittierenden Laser 17 sind in einem Abstand von 1 μ m bis 10 m angeordnet. Durch den großen Abstand zwischen den beiden oberflächenemittierenden Lasern 17 wird erreicht, daß nur die Grundmode in dem von den beiden Bragg-Spiegeln 18 und 19 gebildeten Resonator geführt ist und daß Moden höherer Ordnung, die von den oberflächenemittierenden Laser 17 in große Raumwinkel emittiert werden, den Resonator verlassen und nicht mehr verstärkt werden. Die beiden oberflächenemittierenden Laser 17 müssen daher so justiert sein, daß jeweils die Grundmode in die aktive Schicht 5 des gegenüberliegenden oberflächenemittierenden Lasers 17 abgebildet wird.

In Figur 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem in den Freistrahlbereich 15 zwischen den beiden oberflächenemittierenden Lasern 17 ein optisches Element 22 eingebracht ist. Dieses optische Element 22 kann abbildende Eigenschaften haben, um zu gewährleisten, daß die Grundmode jeweils eines oberflächenemittierenden Lasers 17 in die aktive Schicht 5 des jeweils anderen oberflächenemittierenden Lasers 17 abgebildet wird. Das optische Element 22 kann aber auch dazu dienen, einen Teil der von der Laseranordnung erzeugten Strahlung seitlich aus dem Freistrahlbereich 15 auszukoppeln. In diesem Fall können die oberflächenemittierenden Laser 17 jeweils mit einem Bragg-Spiegel 23 ausgestattet sein, der eine Reflektivität von nahezu 100% aufweist.

Schließlich sei angemerkt, daß wie in Figur 6 dargestellt, einer oder beide der Bragg-Spiegel 18, 19 und 23 mit einer Metallisierungsschicht 24 versehen sein können.

Zum Betrieb der oberflächenemittierenden Laser 17 wird eine Versorgungsspannung an Anschlüsse 25 angelegt.

Die in den Figuren 4 bis 6 dargestellte Laseranordnung mit zwei oberflächenemittierenden Lasern hat neben der geringen Strahlendivergenz des erzeugten Laserstrahls noch den Vorteil, daß bei den oberflächenemittierenden Lasern 17 auf den Bragg-Spiegel verzichtet werden kann, der üblicherweise bei herkömmlichen oberflächenemittierenden Lasern auf der oberen Zwischenschicht 21 angeordnet ist. Da auf den oberen Bragg-Spiegel verzichtet werden kann, weisen die oberflächenemittierenden Laser 17 einen elektrischen Widerstand auf, der gegenüber herkömmlichen oberflächenemittierenden Lasern auf etwa die Hälfte oder weniger reduziert ist. Entsprechend kleiner ist die Verlustleistung, die in dem oberflächenemittierenden Laser 17 aufgrund des Innenwiderstands auftritt.

Ferner sei angemerkt, daß die Laseranordnung auch in anderen Materialsystemen verwirklicht werden kann. Für eine Emission

von Laserstrahlung im blau-grünen Wellenlängenbereich kommt beispielsweise das Materialsystem auf der Basis von AlGaInN in Frage. Für eine Emission der Laserstrahlung im roten Wellenlängenbereich eignet sich die Materialsysteme InGaAlP und
5 GaAs. Weiterhin kommen auch II-VI-Verbindungshalbleiter, wie beispielsweise aus dem System CdBeMgZn, SeTe und SSeTeO in Frage.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Emission von Laserstrahlung mit einer innerhalb eines Resonators (12, 13, 18, 19, 23) angeordneten gepumpten aktiven Zone eines Halbleiterlasers, 5
dadurch gekennzeichnet, daß
die aktive Zone durch Freistrahlsbereiche (15) ohne seitliche Wellenführung in wenigstens zwei räumlich getrennte aktive Zonen (9) unterteilt ist.
- 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
bei der wenigstens zwei zumindest einseitig entspiegelte Halbleiterlaser (1, 17) in Reihe angeordnet sind, wobei der Resonator von außenliegenden Spiegelementen (12, 13, 18, 15
19, 23) der am Ende der in Reihe angeordneten Halbleiterlaser (1, 17) gebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,
bei der die Halbleiterlaser zwei oberflächenemittierende Laser (17) sind, die jeweils mit einer entspiegelten Oberseite 20
einander zugewandt im Abstand angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2,
bei der die Halbleiterlaser zwei Breitstreifenlaser (1) sind, 25
die jeweils mit einer entspiegelten Endfläche (10, 11) einander zugewandt im Abstand angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
bei dem die beiden Breitstreifenlaser (1) auf einem Substrat 30
(2) ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
bei der die Halbleiterlaser (1, 17) mit ihren optischen Achsen parallel zueinander ausgerichtet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
bei der die Halbleiterlaser (1, 17) im Abstand zwischen 1 μm
und 10 m angeordnet sind.

5 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
bei der ein frequenzselektives Element (14, 16, 22) im
Freistrahlsbereich (15) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
10 bei der das frequenzselektive Element ein Bragg-Gitter (16)
ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
bei der im Freistrahlsbereich (15) ein abbildendes optisches
15 Element (14) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 4 und 10,
bei der das abbildende optische Element eine Zylinderlinse
(14) ist, deren Brennpunkt in der Ebene einer aktiven Zone
20 (9) eines Breitstreifenlasers (1) an dessen Austrittsfenster
liegt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
bei dem der Freistrahlsbereich (15) von einem Medium mit ge-
25 ringem Absorptionskoeffizienten gebildet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 4 und 12,
bei dem der Freistrahlsbereich (15) von einem Abschnitt mit
einer Bandlücke gebildet ist, die größer als die Bandlücke im
30 Pumpbereich ist.

Zusammenfassung

Mehrteiliger Laser

- 5 Eine Laseranordnung weist zwei gegenüberliegende Halbleiter-
laser (1) auf, von denen jeweils eine Grundmode in die aktive
Zone des gegenüberliegenden Halbleiterlasers (1) abgebildet
wird. Die Laseranordnung weist einen ausgehenden Laserstrahl
mit geringer Divergenz auf.

10

Figur 2

1/2

FIG 1

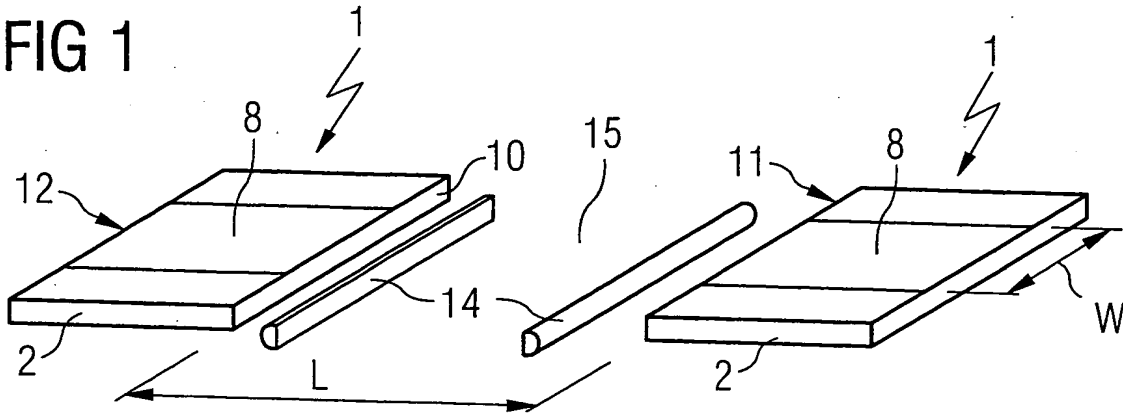


FIG 2

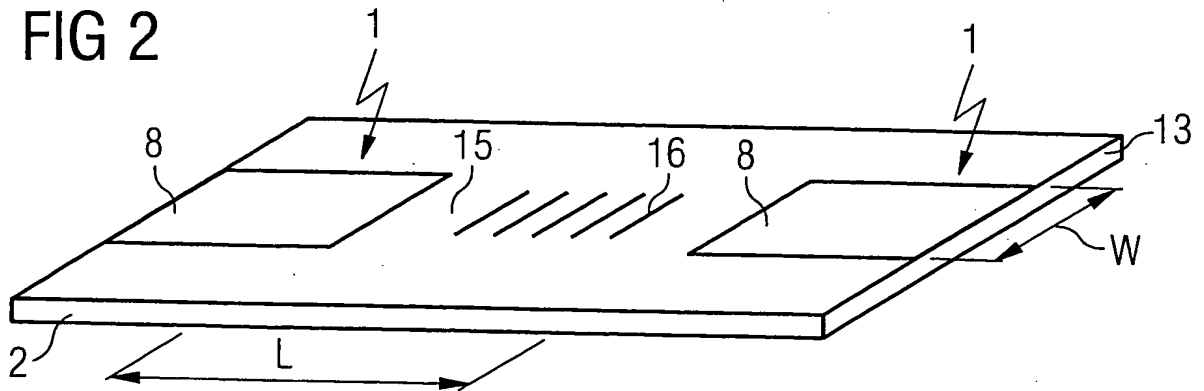
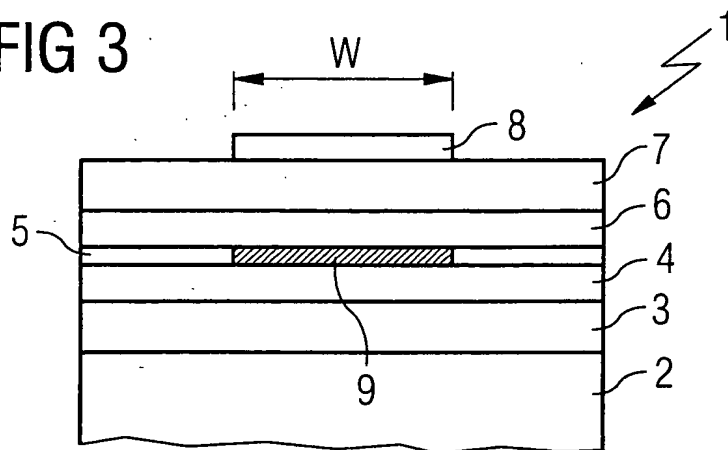


FIG 3



2/2

FIG 4

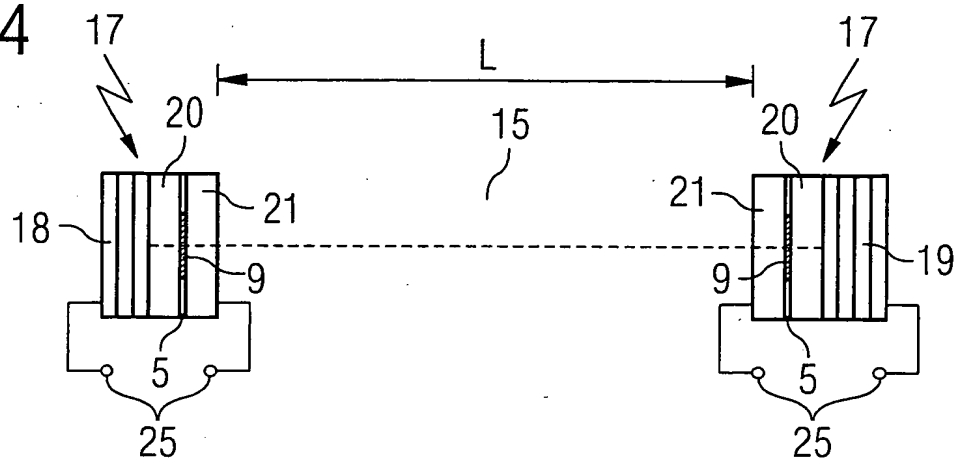


FIG 5

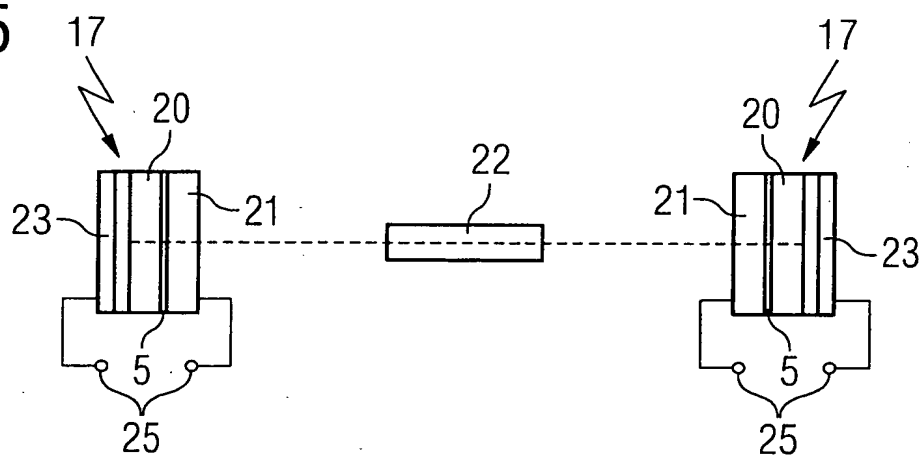


FIG 6

